UNIVERSITÉ DE PARIS — FACULTÉ DE MÉDECINE

Année 1900

THÈSE

N° 419

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

Présentée et soutenue le jeudi 14 juin 1900, à 1 heure

PAR

E. BONNIOT

ANCIEN EXTERNE DES HOPITAUX DE PARIS

LICENCIÉ EN DROIT

DE

L'HYPERTHERMIE DANS LA FIÈVRE

ESSAI DE CALORIMÉTRIE CLINIQUE

Président : M. BOUCHARD, *professeur.*

Juges : MM. { DEBOVE, *professeur.*
CHARRIN et DUPRÉ, *agrégés*

PARIS

GEORGES CARRÉ et C. NAUD, ÉDITEURS

3, RUE RACINE, 3

1900

419

UNIVERSITÉ DE PARIS — FACULTÉ DE MÉDECINE

Année 1900 — N° —

THÈSE

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

Présentée et soutenue le jeudi 14 juin 1900, à 1 heure

PAR

E. BONNIOT

ANCIEN EXTERNE DES HOPITAUX DE PARIS

LICENCIÉ EN DROIT

DE

L'HYPERTHERMIE DANS LA FIÈVRE

ESSAI DE CALORIMÉTRIE CLINIQUE

Président : M. BOUCHARD, *professeur*.

Juges : MM. DEBOVE, *professeur*. CHARRIN et DUPRÉ, *agrégés*

ACAD. LUGDUNAT. BIBL.

PARIS

GEORGES CARRÉ et C. NAUD, ÉDITEURS

3, RUE RACINE, 3

1900

UNIVERSITÉ DE PARIS. — FACULTÉ DE MÉDECINE

Doyen	M. BROUARDEL
Professeurs	MM.
Anatomie	FARABEUF.
Physiologie	Ch. RICHET.
Physique médicale	GARIEL.
Chimie organique et chimie minérale	GAUTIER.
Histoire naturelle médicale	BLANCHARD.
Pathologie et thérapeutique générales	BOUCHARD.
Pathologie médicale	HUTINEL. DEBOVE.
Pathologie chirurgicale	LANNELONGUE.
Anatomie pathologique	CORNIL.
Histologie	Mathias DUVAL.
Opérations et appareils	BERGER.
Pharmacologie et Matière médicale	POUCHET.
Thérapeutique	LANDOUZY
Hygiène	PROUST.
Médecine légale	BROUARDEL.
Histoire de la médecine et de la chirurgie	BRISSAUD.
Pathologie expérimentale et comparée	CHANTEMESSE.
Clinique médicale	POTAIN. JACCOUD. HAYEM. DIEULAFOY.
Maladies des enfants	GRANCHER.
Clinique de pathologie mentale et des maladies de l'encéphale	JOFFROY.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	FOURNIER.
Clinique des maladies du système nerveux	RAYMOND.
Clinique chirurgicale	DUPLAY. LE DENTU. TERRIER TILLAUX.
Clinique ophtalmologique	PANAS.
Clinique des maladies des voies urinaires	GUYON.
Clinique d'accouchements	BUDIN. PINARD.

Agrégés en exercice.

MM.	DESGREZ.	LEJARS.	THIROLOIX.
ACHARD.	DUPRÉ.	LEPAGE.	THOINOT.
ALBARRAN.	FAURE	MARFAN.	VAQUEZ
ANDRE.	GAUCHER.	MAUCLAIRE.	VARNIER.
BONNAIRE.	GILLES DE LA TOURETTE.	MENETRIER	WALLICH.
BROCA (Aug.)		MERY.	WALTHER.
BROCA (André).	HARTMANN.	ROGER.	WIDAL.
CHARRIN.	LANGLOIS.	SEBILEAU.	WURTZ.
CHASSEVANT	LAUNOIS.	TEISSIER.	
P. DELBET.	LEGUEU.	THIERY.	

Chef des Travaux anatomiques : M. RIEFFEL.

Secrétaire de la Faculté : M. Ch. PUPIN.

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

Au seuil de ce travail, notre hommage va, naturellement, vers les maîtres à qui nous devons ce que nous sommes : MM. Charles Monod et Letulle qui ont bien voulu diriger nos premières études médicales, MM. les professeurs Raymond et Brissaud, M. Brault chez lesquels nous avons passé d'inoubliables années d'externat, notre maître M. Charrin dont la sollicitude et la bienveillance nous ont suivi au cours des ans récents où nous avons travaillé dans son service ; enfin M. le professeur d'Arsonval qui consentit à être mon inspirateur et mon guide pendant la période que j'appellerai mes humanités médicales et de qui je ne saurais séparer, dans une commune gratitude, M. A. Tripier, mon maître et mon ami, héritier comme lui de la pure tradition de Claude Bernard.

Un remercîment spécial et respectueux est adressé ici à l'homme éminent qui a bien voulu accepter la présidence de notre thèse, à M. le professeur Bouchard, dont le haut enseignement plane sur la pathologie moderne.

PRÉAMBULE

L'être vivant, envisagé dans ses rapports avec le monde extérieur, obéit fatalement aux deux grandes lois de la conservation de la matière et de l'énergie. Ces deux mots, d'ailleurs, ne sauraient s'opposer l'un à l'autre ; car les idées qu'il représentent sont pour nous étroitement unies dans leur manifestation sensible : qui parle de *force*, en effet, soit un mouvement, entend la conception à la fois de l'objet mû et de l'impulsion qui permet de constater les différentes phases du déplacement ; deux notions qui paraissent pour l'esprit et les sens se confondre en un principe unique, le *changement de forme de l'espace* : dans notre cas, la trajectoire.

Poussant plus loin l'analyse du phénomène, et envisageant une direction de mouvement déterminée, nous nous représentons facilement une *figure* correspondante de la trajectoire ; mais si, faisant abstraction de toute loi, nous supposons que le mouvement s'exerce en même temps dans tous les sens possibles, nous voyons que nous n'obtenons plus de *forme déterminée*, quand, néanmoins, subsistent et la matière originelle et l'énergie qui lui fut transmise.

C'est cet état d'absence de forme, cet état amorphe que revêt le principe même irréductible de la vie, synthèse de

matière et d'énergie, le protoplasma. Aussi nous expliquons-nous qu'il y ait des *phénomènes vitaux* indépendants des divers systèmes organiques, indépendants même de la cellule et par conséquent de la forme, et dont soit le siège le protoplasma amorphe.

Au point de vue de la physique biologique, l'être vivant doit être étudié comme constituant un simple transformateur de l'énergie qu'il puise au dehors. Il fait de la chaleur, de la lumière, de l'électricité, du travail mécanique, etc., mais par des procédés qui lui sont particuliers et qui tiennent à son organisation même. Ce transformateur d'énergie a, en un mot, un *modus faciendi* qui lui est propre.

On conçoit dès lors la délicatesse extrême et le nombre infini des actes qui s'effectuent au sein de ce microcosme, réduction et fondement de tout corps organisé, qu'est une parcelle de protoplasma. On a pu suivre au microscope les évolutions si déliées des granules qui le composent et Nægeli a vu, en expérimentant sur la cellule végétale combien ces mouvements, source eux-mêmes de calorique, se laissaient influencer, dans leur rythme, par la chaleur extérieure, si bien que l'on peut saisir ainsi, sous sa forme la plus élémentaire, ce caractère de dynamisme qui a fait donner par Sachs à la cellule le nom *d'énergide*. Mais c'est la notation des modifications thermiques qui jusqu'ici nous apparaît comme la donnée la plus subtile sur ces actes intimes de la vie.

La chimie, qui nous présente sous forme d'échappement gazeux le résultat ultime de ces transformations est incapable à elle seule, comme nous l'indiquerons plus

loin, de les apprécier avec toute la finesse qu'elles comportent. Les phénomènes vitaux en effet sont très fugaces: il faut, suivant l'expression de Claude Bernard, les saisir au vol. Nous pouvons dire aussi, usant du terme même par lequel on a désigné la matière constituante du protoplasma, l'albumine, qu'ils sont protéiformes.

Rien d'étonnant donc qu'à cette variété, à cette multiplicité d'aspects répondent autant de phases dans l'une des manifestations les plus saisissables du phénomène, je veux dire l'émanation de calorique.

Il est à remarquer du reste que, en ce qui concerne un ordre de faits moins complexes, ceux non nécessairement vitaux, mais simplement organiques, on retrouve déjà, pour la seule production de chaleur, un défaut identique de concordance avec l'analyse chimique. Cette disjonction entre les deux procédés d'investigation tient à ce que, comme l'a montré Berthelot (Mémoire de 1864), il peut se produire des combinaisons dégageant de la chaleur sans dégagement gazeux. Témoin ce fait, qu'à une même quantité d'oxygène absorbé ou d'acide carbonique émis peut correspondre suivant le corps combustible (alcool, acide acétique, acides butyrique, margarique, oxamide, etc), une quantité de chaleur variant du simple au quadruple. De même pour ce qui est de l'organisme vivant, des hydratations, des dédoublements, saponifications, sous l'action des ferments gastrique, pancréatique, glycolytique, du globule blanc, etc..., engendrent un dégagement de chaleur sans dégagement de gaz. A l'appui de ceci et comme une sorte de contre-partie, se présentent les phénomènes découverts par M. d'Arson-

val (1) touchant l'incubation de l'œuf de poule et le sommeil. En effet le calorimètre montre que pendant toute la première semaine environ, l'œuf *absorbe* de la chaleur pour en dégager au contraire à la façon d'un être vivant vers la fin de l'incubation, avant l'éclosion du poussin ; et néanmoins pendant tout ce temps ont lieu absorption d'oxygène et dégagement d'acide carbonique. — Pendant le sommeil la production de chaleur tombe à son minimum, alors que l'absorption d'oxygène présente un maximum, l'émission d'acide carbonique variant peu.

La méthode chimique seule et sans la calorimètrie directe, ne pourrait par conséquent suffire à apprécier dans toute leur ténuité les phénomènes vitaux ; c'est ce que Mülder a traduit sous une forme humoristique en disant que vouloir déduire ce qui a lieu dans l'organisme en faisant l'analyse de ce qui y entre et de ce qui en sort, serait équivalent à conclure des actes se passant dans une maison en mesurant ce qui entre par la porte et ce qui sort par la cheminée.

Les considérations qui précèdent nous autoriseraient-elles à avancer la supériorité des mesures purement énergétiques sur l'analyse chimique, la question ne serait pas encore tranchée ; car, et c'est ce qui fera l'objet de cette étude, il s'agit de voir maintenant, dans le domaine de la calorification, ce que valent les deux méthodes : thermométrique et calorimétrique, dans quelle mesure elles concordent ou divergent, et quelle est celle qui nous donnera les renseignements les plus sensibles et les plus précis.

(1) *Académie des Sciences* 1881 et *Biologie* 18 juin 1881.

CHAPITRE PREMIER

Historique. — Méthode

Sans nous arrêter plus qu'il n'est nécessaire sur l'historique de la méthode thermométrique dans l'évaluation de la chaleur fébrile, nous rappellerons cependant que le thermomètre employé déjà anciennement par Sanctorius et surtout par de Haen fut remis en honneur chez nous dès 1839 par Andral et Gavarret qui montrèrent le parti qu'on en peut tirer en clinique. Mais, au fond, les physiologistes de tous les temps furent préoccupés du désir de connaître l'origine de la chaleur animale, sinon d'en apprécier exactement la quotité.

Ce n'est pas le lieu d'exposer ici toutes les théories qui ont été proposées, depuis les idées plus ou moins vitalistes des premiers âges de la médecine, jusqu'aux hypothèses des iatro-mécaniciens représentés, entre autres, par Martine et Boerhaave, sans oublier les premières tentatives d'explication par les phénomènes chimiques dues à Sylvius et à Van Helmont.

« Si la question de la chaleur animale, dit Claude Bernard (1) est entrée si tard dans sa véritable voie expéri-

(1) Leçons sur la chaleur animale, 1876.

mentale, c'est que les physiologistes n'avaient pas à leur disposition les instruments nécessaires aux expériences. La physiologie n'étant que la physique des êtres vivants, il fallut attendre les progrès de la physique générale. Le siècle dernier a amené avec lui ces progrès et fourni aux physiologistes les moyens d'aborder plus utilement le problème qui nous occupe ». C'est que, en effet, les données de la calorimétrie directe ne valent que ce que vaut la méthode employée. Lavoisier à qui revient, 1777, le grand honneur d'avoir établi d'une façon générale que la chaleur vitale était un phénomène de l'ordre des combustions, avait néanmoins, avec Laplace, employé pour la mesurer directement un instrument défectueux quand il s'agit de l'être vivant : le puits de glace. Car, 1° une cause d'erreur purement physique tient à ce que les produits de la respiration viennent se condenser sur les parois et que l'on a ainsi en plus la chaleur due à la condensation de la vapeur d'eau ; 2° bien que l'animal (nous parlons des animaux à sang chaud) puisse dans une certaine mesure au moyen de son système nerveux, régler sa production de chaleur suivant la température ambiante, il n'en est pas moins vrai qu'il n'est généralement pas organisé pour cette température de 0°. Or cela fausse les résultats, M. d'Arsonval ayant montré par la suite que l'augmentation de la production de chaleur destinée à lutter contre le refroidissement extérieur est proportionnellement moindre, aux très basses températures, d'où des conditions physiologiques toutes différentes. En outre cette méthode est, on n'a pas besoin d'insister sur ce

point, impraticable chez l'homme, encore moins, cliniquement, chez le fébricitant.

La même critique s'applique à la méthode employée cent ans plus tard par Leyden et Liebermeister (1868-69) qui plongeaient l'individu en expérience dans un bain d'une température donnée et constataient la chaleur abandonnée à l'eau en un temps donné. Mais l'homme n'est pas fait pour vivre normalement dans l'eau; en dehors, en effet, de la convection spéciale de l'eau différente de celle de l'air, il faut en outre tenir compte de la température et des modifications des fonctions de la peau dues au milieu liquide.

Ce n'est qu'en 1877 que d'Arsonval, sous l'influence de Claude Bernard, s'occupa de la question d'une façon pratique, toutes ses recherches ayant comme point de départ essentiel de ne pas changer le milieu où vit normalement le sujet en expérience. Il commença par établir les conditions générales que doit remplir toute bonne mesure calorimétrique chez l'être vivant et dont voici les principales :

1° Il faut, avant tout. que l'animal soit dans un milieu dont la température ne change pas pendant l'expérience.

2° Le milieu gazeux où respire l'animal doit avoir une composition constante. Ces deux conditions nous semblent particulièrement importantes en clinique, où la situation, on pourrait dire, physiologique du sujet ne doit être en rien modifiée afin d'en mieux apprécier les déviations pathologiques. Aussi verrons-nous plus loin à propos des observations qui font l'objet de ce travail quelles précautions ont été prises afin d'éviter toute cause d'erreur

provenant de la présence de l'air confiné, très chaud et saturé de vapeur d'eau.

3° L'expérience doit pouvoir se poursuivre pendant un temps aussi long qu'on le désire ; on élimine ainsi soit les causes d'erreur accidentelles, soit les coïncidences heureuses, telles que celle qui paraît résulter d'une expérience de Dulong et Despretz, en 1822, la seule réalisée depuis Lavoisier et cela au moyen de la méthode des mélanges. Ces deux auteurs, en effet, admettant la combustion directe du carbone et de l'hydrogène par tout l'oxygène absorbé arrivaient à trouver une correspondance quantitative complète entre la chaleur ainsi produite et la chaleur animale.

Ceci dit, nous nous contenterons d'énumérer rapidement et sans y insister les divers et ingénieux calorimètres bien connus imaginés par M. d'Arsonval, avant de nous arrêter à celui par échappement d'air chaud ou anémo-calorimètre que notre maître a bien voulu approprier à notre usage et qui nous a fourni des données d'une sensibilité et d'une rapidité remarquables.

Ces instruments peuvent se classer en deux catégories : 1° ceux qui donnent intégralement le nombre de calories en fonction du temps ; 2° ceux qui indiquent à un instant donné le nombre de calories à l'heure.

A la première série appartiennent le *calorimètre à écoulement d'eau* qui a surtout servi à M. d'Arsonval pour ses belles recherches expérimentales et le *calorimètre par distillation* basé sur les propriétés des liquides volatils aux températures ordinaires.

La seconde catégorie revendique le *calorimètre par*

rayonnement, très précis, mais qui a l'inconvénient en clinique d'exiger presque une heure pour atteindre sa position d'équilibre, le *calorimètre thermo-électrique* et enfin l'appareil qu'on pourrait appeler simplement *calorimètre à air*, l'anémo-calorimètre qui, à une grande simplicité, joint l'avantage de fournir une lecture exacte au bout de deux minutes.

Nous allons décrire d'abord l'appareil tel que l'a conçu M. d'Arsonval pour l'adulte (1), nous exposerons ensuite brièvement celui qu'il a bien voulu adapter spécialement en vue de nos recherches. Supposons un homme enfermé dans une sorte de chambre l'isolant du milieu ambiant. L'air peut pénétrer librement par la partie inférieure de cette chambre, et s'échapper par une courte cheminée située à la partie supérieure La présence du sujet agit comme une source de chaleur et détermine un tirage d'autant plus actif qu'il dégage plus de chaleur. En plaçant un anémomètre au-dessus de la cheminée d'appel, le nombre de tours du moulinet, dans l'unité de temps, donne une mesure très exacte de la vitesse du courant d'air, et par suite de la chaleur dégagée par l'individu.

On constitue pour l'homme un calorimètre à la fois simple, peu coûteux, et léger en prenant un cylindre d'étoffe (couverture de laine) de 2 mètres de haut environ, attaché à un disque de bois de 80 centimètres de diamètre (fig. 1). Deux cerceaux métalliques conservent à l'étoffe la forme cylindrique dans toute sa hauteur. Le disque de bois qui constitue le plafond de la chambre

(1) *Société de Biologie* : 29 mai 1886, 27 janvier 1894.

calorimétrique porte à son centre une cheminée conique ayant 20 centimètres de base et 10 centimètres à la partie supérieure sur 60 à 80 centimètres de hauteur totale. La partie supérieure reçoit un embout métallique coudé à angle droit sur lequel vient s'adapter l'anémomètre. Trois tiges de bois supportent au-dessus du sol le cylindre calorimétrique qui peut se transporter ainsi dans une salle quelconque avec la plus grande facilité. Aussi ce dispositif, simple de construction, convient-il mieux pour l'hôpital.

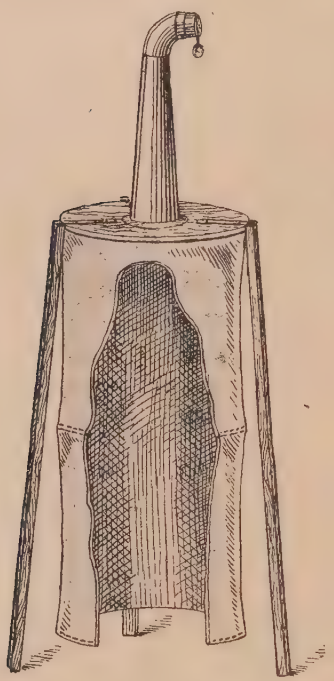

Fig. 1.

Pour des expériences à poste fixe comme dans un laboratoire, on peut employer une chambre calorimétrique carrée, en bois, munie d'une porte vitrée qui donne accès dans l'intérieur. C'est une guérite très légère ayant 80 centimètres de largeur sur 1 mètre de profondeur et 1 m. 70 de hauteur.

Nous ne nous attarderons pas à la description de l'anémomètre lequel, construit par M. Jules Richard, est muni d'un compteur de tours donnant, en mètres, le chemin parcouru par l'air. Cet instrument a l'avantage de ne pas présenter d'inertie et sa vitesse de rotation est

rigoureusement proportionnelle à la vitesse de l'air. De plus il permet des mesures extrêmement rapides. Pour faire une lecture calorimétrique, en effet, trois minutes suffisent. Remarquons qu'il n'y a nullement à s'inquiéter des variations de la température ambiante qui ne sauraient influencer l'anémomètre ; car celui-ci tourne uniquement sous l'influence de la différence de température entre l'air qui entre dans l'appareil et celui qui en sort. Cette différence, pour une même source de chaleur, reste constante quelle que soit la température de l'air entrant, même si variait la température de la pièce où est placé le calorimètre.

Au lieu de mesurer la vitesse du courant d'air on peut, comme cela a été fait dans nos recherches, mesurer l'échauffement de cet air en introduisant dans la cheminée l'une des boules d'un thermomètre différentiel à air, dont l'autre boule est à l'extérieur. L'instrument est moins sensible dans ce cas et demande un peu plus de temps avant d'atteindre sa position d'équilibre.

On voit immédiatement que cette méthode de calorimètrie participe à la fois de deux procédés précédemment employés par M. d'Arsonval : d'une part le déplacement d'une colonne fluide (uniquement en œuvre dans le calorimètre à écoulement d'eau), d'autre part le rayonnement (principe de la méthode qui porte ce nom).

Revenons sur ces deux conditions, concurremment employées dans l'instrument qui nous occupe en ce moment ; il est évident que le rayonnement se produit dans tous les sens autour de la source de chaleur et se propage de là au réservoir du thermomètre comme aux

parois de l'enceinte, puis à l'extérieur. Une partie de la chaleur seulement est donc entraînée par le moyen du courant d'air naissant ; un simple calcul va nous montrer que cette quantité est minime et ne produit pas un courant d'air capable de modifier en quoi que ce soit, chose importante, les conditions physiologiques du sujet en expérience. Le départ entre ces deux quantités est un nombre constant dépendant des dimensions de la cavité circonscrite par les parois du calorimètre et de la nature de ces parois.

Nous avons dit que la chaleur emportée par convection ne doit pas être trop considérable, ne doit pas dépasser ce qui a lieu normalement pour l'homme même immobile, qu'il soit au lit, assis ou debout. Or on peut la calculer : L'anémomètre donne la vitesse du courant d'air ; d'autre part, connaissant la section de l'orifice de sortie, on peut déduire de ces deux données le volume d'air qui a traversé l'appareil. On reconnait ainsi que la présence d'un homme qui émet 100 calories à l'heure déplace en moyenne 10 mètres cubes d'air à l'heure. Or cet air s'échauffe d'environ 5 degrés au maximum. La chaleur enlevée par ces 10 mètres cubes d'air (soit environ 10 kilos) pour un échauffement de 5 degrés est de $5 \times 10 \times 0{,}2 = 10$ calories, c'est-à-dire le dixième de la chaleur totale

On constate à peu près la même proportion pour ce qui est du calorimètre dont nous avons fait usage chez les enfants et dont il nous reste maintenant à parler avant d'indiquer le mode de graduation général de ces appareils.

Il se compose d'une couveuse en bois, modèle Galante, c'est-à-dire d'une boîte rectangulaire présentant un placet

médian sur lequel on dépose l'enfant. La boîte est fermée par un couvercle vitré, percé d'un orifice sur lequel est ajustée une petite cheminée d'appel formée d'un tuyau en métal très mince de 50 centimètres de hauteur sur 6 de diamètre. Un orifice d'un diamètre un peu plus grand est percé dans une paroi latérale de la boîte au-dessous du placet où est couché l'enfant, placet qui n'occupe pas toute la longueur de la boîte ; de façon que l'air circule d'abord sous l'enfant, puis au-dessus de lui et s'échappe par la cheminée après avoir traversé la boîte dans sa longueur deux fois de suite. Pour connaître la chaleur dégagée nous nous sommes servi d'un thermomètre à air différentiel avec lequel il est possible de faire une lecture au bout de vingt minutes. Sa sensibilité est suffisante pour permettre de mesurer des fractions de grandes calories dégagées à l'heure.

Ces appareils, quelle que soit leur dimension, se graduent très simplement en plaçant dans leur intérieur une source de chaleur connue et constante (bec d'hydrogène, lampes à incandescence, etc.). C'est en somme un procédé de substitution, dans lequel on remplace la quantité servant au tarage par celle à mesurer, et comme tel très exact. Lorsqu'on se sert comme nous l'avons fait du thermomètre à air on voit que l'élévation de température du thermomètre est sensiblement proportionnelle à l'intensité de la source de chaleur, ainsi que cela résulte du reste de la loi de Newton (1).

(1) Au cas où l'on se servirait de l'anémomètre, M. d'Arsonval a constaté que la chaleur de la source est proportionnelle *au carré* du nombre de tours effectués dans l'unité de temps.

CHAPITRE II

PHYSIOLOGIE

Depuis l'année 1877, époque à laquelle il a communiqué à la Société de Biologie ses premières méthodes de calorimétrie animale, M. le professeur d'Arsonval n'a cessé d'insister sur l'insuffisance de la *thermométrie* pour résoudre les questions se rapportant à la *thermogenèse*. Le thermomètre, disait-il, nous renseigne seulement sur la *qualité* de la chaleur, mais ne peut rien nous apprendre relativement à sa *quantité*. Ce rôle appartient en entier à la *calorimétrie directe*. Il a montré par des expériences décisives que la plupart du temps les indications du thermomètre conduisent le médecin, comme le physiologiste, à des conclusions radicalement fausses, en ce qui concerne les variations dans la production de la chaleur. Chez les êtres vivants, le thermomètre nous renseigne exactement sur la *répartition* de la chaleur dans l'organisme, mais le calorimètre seul permet de mesurer les oscillations de sa *production*.

M. le professeur d'Arsonval a été ainsi amené par l'expérimentation, et nous, à sa suite, sur le terrain de la clinique, à confirmer par des faits et en même temps à étendre singulièrement, tout en délimitant leur domaine

d'application, les théories de la fièvre dues à Traube et à Marey.

Voyons d'abord, parmi les nombreuses expériences qu'il a réalisées touchant cet antagonisme entre les indications du thermomètre et celles du calorimètre, celles qui peuvent être considérées comme le plus typiques :

1° Les oiseaux ont une température de 4 à 5 degrés plus élevée que celle des mammifères. On en a conclu qu'ils faisaient plus de chaleur, à poids égal, que les mammifères de même taille. Cela est inexact, car si on place dans un calorimètre successivement un lapin et une poule de poids égaux, on voit qu'ils produisent sensiblement la même quantité de chaleur. La poule en produirait plutôt moins ; la haute température de cet animal doit s'expliquer par la conservation plus parfaite de la chaleur produite, grâce au plumage, et non par une production plus grande, contrairement à ce qu'on pourrait induire de la thermométrie seule.

2° Lorsqu'on frotte d'huile de lin un lapin, sa température s'abaisse énormément et l'animal meurt plus ou moins rapidement, avec arrêt des échanges, sa température centrale pouvant passer de + 39° à + 23° et même + 18° comme il a été constaté quelquefois. Cela ne tient pas à ce que l'animal fasse moins de chaleur. En effet, le même lapin, frotté d'huile de lin et placé dans le calorimètre, dégage jusqu'à *quatre fois* plus de chaleur que l'animal normal. Dans ces conditions l'animal se refroidit parce que, malgré la surproduction de chaleur, son pouvoir émissif est devenu tel que la compensation ne peut plus exister, il perd toujours plus qu'il ne gagne.

Si l'on fait la contre-épreuve, en mettant l'animal huilé dans une étuve à 30°, il vit indéfiniment. On peut rapprocher ces faits de ceux observés par M. Richet, à savoir que les animaux frottés d'huile deviennent d'une voracité considérable : c'est pour eux un moyen de lutter contre le rayonnement, pendant un certain temps.

M. d'Arsonval fait remarquer que cette propriété particulière aux corps gras d'augmenter le pouvoir émissif de la peau dans d'énormes proportions explique très bien pourquoi les athlètes de l'antiquité prenaient le soin de se frotter d'huile avant le combat. Ce n'était pas seulement, comme on l'a dit, pour offrir moins de prise à l'adversaire, mais aussi pour pouvoir perdre plus facilement l'excès de chaleur produit par la contraction musculaire; ils avaient reconnu ce fait empiriquement. Ne serait-ce pas, ajoute notre maître, pour la même cause que les peuplades exposées aux chaleurs des tropiques, présentent toutes une sécrétion huileuse de la peau et prennent encore le soin d'exagérer l'épaisseur de cet enduit naturel. Enfin, dit-il encore, ne pourrait-on voir là une explication de ce fait connu, que l'application d'une couche d'huile sur une brûlure superficielle calme la douleur comme une application de froid.

3° Si on injecte de la tuberculine à des lapins ou des cobayes (1), on constate, surtout quand les animaux sont tuberculeux, une énorme élévation de la température centrale. Le calorimètre montre au contraire un abaissement dans la production de chaleur. — Il en est

(1) D'Arsonval et Charrin. *Société de Biologie*, 17 février 1894.

de même à la suite d'injection de toxine tétanique, pendant la période d'incubation, avant l'apparition des accidents convulsifs (1). Il ne faudrait pas d'ailleurs s'exagérer l'importance de la contraction musculaire, dans la thermogenèse, car on a noté une hyperproduction de chaleur chez le lapin immobilisé (2), devenu comparable ainsi au lapin huilé ou vernissé.

4° M. d'Arsonval avait déjà, en 1881, provoqué un *état fébrile* chez des animaux en injectant dans une patte de l'ammoniaque liquide ou des liquides virulents (culture charbonneuse) extrêmement actifs, et constaté par le calorimètre que, malgré une élévation très notable de la température centrale, la production de chaleur avait à peine varié.

Ceci montre que, déjà en ce qui touche l'expérimentation, la théorie de Traube expliquant la fièvre par une diminution dans la réfrigération du corps est susceptible de se vérifier (3). Nous sommes amenés ainsi naturellement à rechercher ce qui se passe, à ce sujet, en clinique ; nous observerons que le syndrome fièvre, si l'on peut ainsi parler, ne se présente pas toujours avec le même aspect, ou plutôt au même stade, suivant l'instrument d'épreuve, thermomètre ou calorimètre ; que, lors d'un cycle fébrile, l'acmé marqué par ce dernier appareil peut

(1) d'Arsonval et Charrin. *Académie des Siences*, 25 juillet 1898.
(2) J.-F. Guyon. *Société de Biologie*, 2 avril 1898.
(3) Nous voyons une coïncidence de ces faits avec ceux observés en clinique par M. Albert Robin ; cet auteur a constaté, en effet, dans la fièvre typhoïde, une diminution notable de l'urée, partant un fléchissement des oxydations.

ne pas coïncider avec celui donné au thermomètre, et qu'enfin, presque toujours dans ces moments de perturbation organique, les indications quotidiennes du calorimètre prises aux mêmes heures, s'écartent l'une de l'autre dans des proportions plus grandes, quelquefois selon un sens inattendu, en un mot que cet instrument est capable de fournir des renseignements à la fois plus exacts et plus sensibles que le thermomètre, sur l'état de calorification de l'organisme.

CHAPITRE III

CLINIQUE

Avant d'indiquer les résultats que uous avons obtenus, qu'on nous permette, sans toutefois revenir sur l'économie générale de la méthode exposée dans le chapitre I[er], de préciser certaines des conditions dans lesquelles nous opérons.

Le point important était que les résultats fussent comparables ; pour cela il fallait que les circonstances extrinsèques fussent identiques, c'est-à-dire : 1° même vêtement se composant, en l'espèce, chez nos nourrissons, d'une brassière de coton, une brassière de flanelle et un lange de laine ; 2° température extérieure autant que possible constante, car on sait, par les travaux de M. d'Arsonval, que la production de chaleur varie, et de quelle façon elle varie en même temps que la température du milieu ambiant. Dans nos recherches celle-ci était maintenue aux environs de 16 à 18 degrés.

Nos observations, toutes recueillies dans le service de notre maître M. Charrin, à l'infirmerie de la Maternité, depuis plusieurs années, portent sur un ensemble de vingt-deux cas pris suivant les hasards de la clinique ; c'est-à-dire que dans ce nombre nous avons des enfants atteints

d'affections les plus diverses : bronchite, broncho-pneumonie, rougeole, choléra infantile etc., en particulier une série de nourrissons morts presque tous avec des phénomènes thermiques et athrepsiques et dont les mères furent atteintes de fièvre typhoïde à la fin de leur gestation. Cette variété explique que nous ne puissions pas établir de proportionnalité entre le nombre des cas où l'on trouve concordance entre les données du thermomètre et du calorimètre et ceux où cette concordance n'existe pas. Aussi n'attacherons-nous aucune importance numérique à la division que nous ferons de ces observations en huit rentrant dans le premier groupe et quatorze dans le second, cette division visant seulement la clarté de la description. Commençons par les huit cas du premier groupe, c'est à dire ceux dans lesquels le thermomètre et le calorimètre nous ont paru marcher ensemble. Les températures ont toujours été prises dans le rectum, et toutes les observations faites à la même heure, 11 heures du matin, à une distance suffisante du repas.

Les trois premières observations concernent des nourrissons dans le premier mois, c'est à dire (1) à un âge où les nourrissons sains produisent en moyenne 9 calories par heure, cela dit afin de donner une idée au moins approximative du chiffre normal ; mais les données comparatives dont la recherche constitue principalement le but de ce travail n'en subsistent pas moins avec toute leur valeur.

(1) Voir appendice I, comme terme de comparaison, le tableau indiquant les nombres trouvés chez les sujets normaux.

1. — St... Gastro-entérite légère.

9 mars. — Température : 38°. — Calories par heure : 13,25
11 — — 37° — — 9
14 — — 37° — — 9,75

2. — Ch... Un peu de bronchite.

11 avril. — Température : 37°4.
Calories par heure : 12,50
13 avril. — Température : 36°2.
Calories par heure : 10,25.

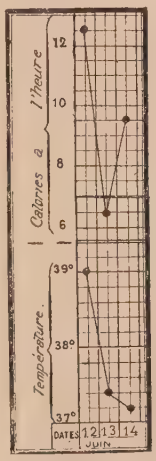

Fig. 2.

3. — Dur... Symptômes brightiques : albuminurie, œdème généralisé.
Voir la courbe fig. 2.

4. — Bi..., enfant de deux mois atteint de bronchite légère.

7 décembre. — Température : 37°4.
Calories par heure : 12
11 décembre. — Température : 37°2.
Calories par heure : 10,25.

Les observations suivantes ont trait à des enfants de plus de 2 mois et de moins de 9 mois, c'est-à-dire dans un âge où la production normale de calorique varie, ainsi que l'indique le tableau succinct placé à la fin de ce travail, entre 12 et 18 calories.

5. — Vab..., deux mois et demi. — Après une broncho-pneumonie, au moment de la réaction hypothermique terminale.

23 novembre. — Température : 36°8. — Calories par heure : 6
27 — — 37°1 — — 12

6. — Lec .., trois mois. — Erysipèle de la face.
7 mai. — Température : 39°2. — Calories par heure : 15
9 — — 36°3 — — 12,50
12 — — 36°6 — — 12.50

7. — Bis..., trois mois et demi. — Bronchite aiguë.
21 décembre. — Température : 39°4. — Calories par heure : 16,25
25 — — 37°2 — — 13,50

8. — Al .., six mois. — A la fin d'une bronchite.
25 novembre. — Température : 37°3. — Calories par heure : 20,50
30 — — 36°6 — — 15,25

Passons maintenant aux cas dans lesquels nous avons constaté antinomie entre le thermomètre et le calorimètre :

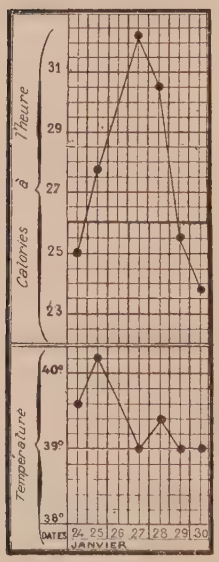

Fig. 3.

9. — So..., un mois. — Gastro-entérite
10 juillet 97. — Température : 37°6.
Calories par heure : 11,75.
14 juillet 97. — Température : 38°.
Calories par heure : 10.

10. — Go..., quatre mois. — Au cours d'une bronchite aiguë.
4 décembre 97. — Température : 37°8.
Calories par heure : 7,50.
15 décembre 97. — Température : 36°3
Calories par heure : 17,75.

11. — Lan..., cinq mois. — Bronchite au moment de la défervescence.
5 décembre 97. — Température : 37°.
Calories par heure : 7,75.
9 décembre 97. — Température : 36°2.
Calories par heure : 11.

12. — Cab. ., huit mois. — Rougeole terminée par la mort au septième jour de la maladie.

Voir la courbe, fig. 3.

On remarque dans cette observation que, au moyen du calorimètre, on a obtenu une marche cyclique beaucoup plus régulière qu'avec le thermomètre et que la courbe fournie par ce dernier instrument ne peut en aucune façon se superposer à celle du premier.

13. — Vé..., sept mois. — Broncho-pneumonie.

Voir la courbe, fig. 4.

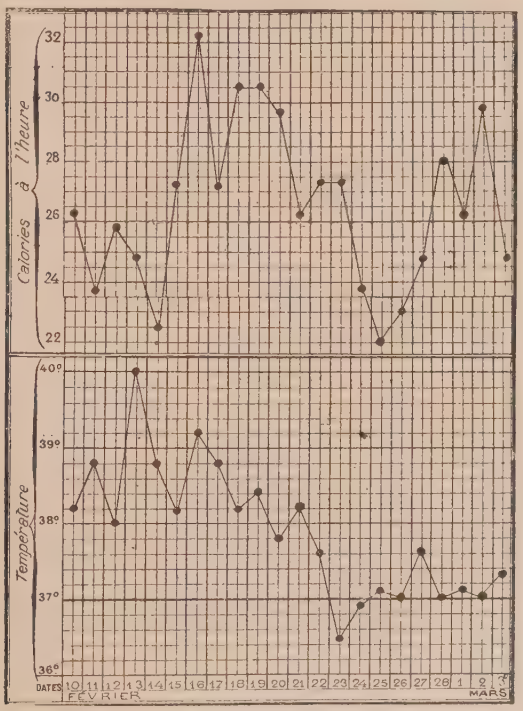

Fig. 4.

Dans ce graphique comme dans le précédent on voit que les maxima de la courbe calorimétrique sont loin de toujours coïncider avec ceux de la courbe thermométrique.

14. — Gé..., quatre mois. — Bronchite aiguë.
Température : 39°6. — Calories par heure : 9

Nous n'avons, malheureusement, pas pu suivre cet enfant, mais si l'on se souvient qu'à quatre mois la moyenne pour les enfants sains est de 14 calories environ, on remarquera combien faible, pour l'élévation de la température était le rayonnement de ce sujet.

15. — Bap..., trois mois.
Broncho-pneumonie suivie de mort.
6 janvier 99. — Température: 38°. — Calories par heure : 8,75.
9 — — 37°5. — — 10,25.

16. — Ni..., un mois. — Erysipèle de la face.
4 mars 99. — Température : 39°. — Calories par heure : 6,50
9 — — 38°2 — — 10

Enfin nous terminons par une série de nourrissons nés à terme, quelquefois un peu prématurément, de mères typhiques, et presque tous morts dans le mois avec des symptômes d'athrepsie aiguë ou de choléra infantile.

17. — Lav..., mort le 27 mai de choléra infantile.
Voir la courbe, fig. 5.

18. — Souf...

13 mai 1899.	—	Température :	36°2.	—	Calories par heure : 8,75.
2 juin	—		37°4.	—	8.
4 —	—		38°8.	—	5,75.
6 —	—		36°.	—	4,25.
28 —	—		35°6.	—	6,25.

19. — Land..., mort le 28 mai.

14 mai 1899.	—	Température :	38°.	—	Calories par heure : 10.
19 —	—		38°.	—	8,50.
22 —	—		39°.	—	9.
25 —	—		36°.	—	7,25.
27 —	—		36°4	—	6,25.

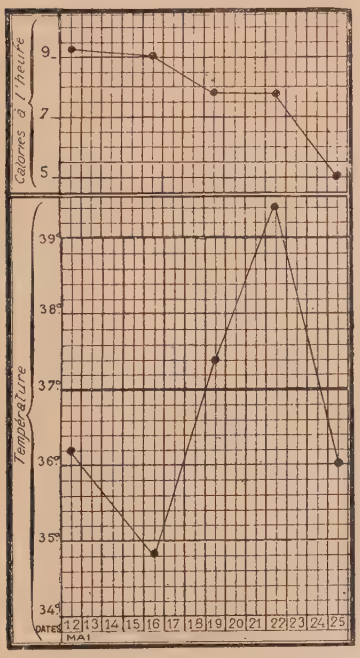

FIG. 5.

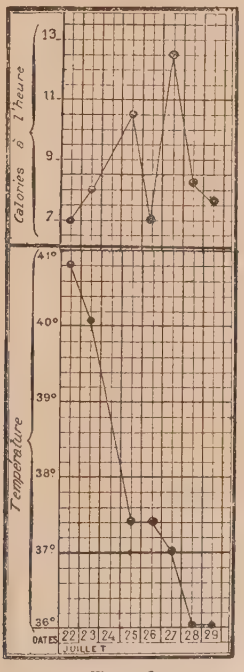

FIG. 6.

20. — Del...

17 mai 1899.	— Température :	37°.	— Calories par heure :		9.25
3 juin	—	39°	—	—	4.50
4 —	—	38°	—	—	6
6 —	—	38°4	—	—	5.75
13 —	—	36°4	—	—	8.25

Le même, un mois après:
Voir la courbe, fig. 6.

21. Lacr...

16 mai 1899.	— Température :	37°.	— Calories par heure :		9
27 —	—	36°	—	—	11.50
2 juin.	—	38°	—	—	5.50
3 —	—	38°5	—	—	5.50
4 —	—	39°	—	—	5.50
6 —	—	38°6	—	—	3.75

22. Pr..,

2 juin 1899.	— Température :	38°6.	— Calories par heure :		4
3 —	—	37°6	—	—	5.75
4 —	—	37°4	—	—	5.50
6 —	—	38°	—	—	3.25
13 —	—	35°	—	—	7.75

Ici pourrait se présenter une objection que nous allons immédiatement réfuter, la suivante : étant donnée la nature des sujets sur lesquels nous opérons, des enfants du premier âge, sachant combien sont fréquentes chez les nouveau-nés les oscillations de la température, on ne peut pas dire si, au moment où le calorimètre atteint le régime constant, la température rectale observée est bien celle du même instant que l'émission de chaleur notée. — A cela nous répondrons, d'abord que les tempé-

ratures ont été prises à la fin de l'opération, le plus vite possible après la sortie de l'enfant du calorimètre, ce qui rapproche d'autant les deux résultats; et si l'on nous objectait encore que, si court soit-il, le petit intervalle entre les deux épreuves suffit à changer les résultats, nous ajouterions que, de plus, nous avons obtenu des phénomènes semblables (hyperproduction de chaleur pour un abaissement thermométrique) chez des enfants notoirement et constamment hypothermiques, ainsi que le montrent les quelques exemples qui suivent.

Il s'agit pour la plupart de nourrissons issus de mères présentant une tare organique: cardiaque, albuminurique, syphilitique ou tuberculeuse (1).

Enfant Car...

23 juin. — Température : 36°7. — Calories par heure : 3.50
1er juillet — 36° — — 5.50
6 — — 34°2 — — 6.25

Enfant Vorm...

13 avril. — Température : 32°4. — Calories par heure : 4.50
17 — — 35°6 — — 2.50

Enfant Br...

19 décembre. — Température : 35°1 — Calories par heure : 7.50
31 — — 33°5 — — 12.50

Enfant Ca...

24 novembre. — Température : 36°3. — Calories par heure : 4.75
26 — — 36°6 — — 6.50

(1) Voir appendice IV.

CHAPITRE IV

CRITIQUE ET THÉORIES

Il nous paraît donc démontré que production de chaleur accrue et élévation de température ne sont pas synonymes. Or, c'est bien la quantité de chaleur produite que nous donne le calorimètre ; car, la température des tissus restant la même pendant la courte durée de la recherche, il faut bien que toute la chaleur produite soit dégagée.

Comment, dès lors, expliquer la possibilité de la divergence constatée?

Nous n'avons, d'abord, aucune surprise à remarquer que la loi de Newton sur le refroidissement des corps, qui, on le sait, se formule ainsi : *La quantité de chaleur qu'un corps perd ou gagne, par seconde, est proportionnelle à la différence entre sa température et celle de l'enceinte*, que cette loi ne saurait s'appliquer à l'organisme vivant, du moins à celui des animaux à sang chaud. Le système nerveux, en effet, appareil de réglage, doit maintenir cette température à 37°, quelle que soit la température de l'enceinte. Il intervient, dans ce but, d'une part en règlementant la production, car il régit le fonctionnement des divers organes (muscles, glandes, centres

nerveux), d'autre part en activant ou limitant la consommation, c'est-à-dire la perte, et à ce propos on sait que la majeure partie de la déperdition du calorique se fait par le revêtement cutané : or, l'expérimentation nous a appris de quelle importance est l'état de la peau dans les faits qui nous occupent, son pouvoir émissif étant de nature à varier à chaque instant (1).

Survient-il, par suite d'un défaut d'activité ou de surveillance du système nerveux, un trouble dans le phénomène des échanges, d'où l'apparition de la fièvre, cette membrane qui met en rapport l'être vivant avec l'extérieur réagit aussitôt, et cela de deux façons. D'abord, par la circulation : que les capillaires cutanés se dilatent, et le sang venu plus chaud des organes profonds s'étendra pour ainsi dire en nappe à la périphérie, et en se refroidissant sera une cause de déperdition de chaleur. S'il ne suffisait pas, pour mettre à ce propos en évidence l'influence du système nerveux, de rappeler les célèbres expériences de Claude Bernard sur l'action du sympatique au cou et de ses antagonistes les nerfs vaso-dilatateurs dont le type est la corde du tympan, la contre-épreuve de ces vues se trouverait encore dans les travaux de M. le professeur Bouchard, qui a montré toute l'importance de l'agent nerveux dans la résistance à l'infection par le mécanisme de la vaso-dilatation, favorisant la diapédèse ; inversement, si cette défense due au système nerveux vient à faiblir, l'infection se donne libre carrière, ainsi du reste que l'auto-intoxication, témoin le

(1) D'Arsonval. Variations du pouvoir émissif de la peau humaine. *Biologie*, 1881.

développement de furoncles chez les dyspeptiques. D'ailleurs, d'après ce maître, le système nerveux peut revendiquer une place singulièrement noble, car il semble que ce soit à lui et non à une modification des humeurs qu'est due la résistance *naturelle* d'une espèce à telle ou telle infection. Nous remarquerons, pour rentrer directement dans notre sujet, que le facies vultueux de certains typhiques, le visage injecté des pneumoniques, sans parler des érythèmes divers encore mal connus, de la scarlatine, de la rougeole, etc... prouvent quelle part active peut être celle de la peau dans la réaction contre les processus morbides.

Ajoutons que déjà, avant la fine analyse de Claude Bernard, Brodie, dans une expérience bien conduite, avait montré la relation entre l'influence nerveuse et la calorification : il enlevait l'encéphale, coupait la moelle épinière, et entretenant la respiration artificielle chez les animaux ainsi mutilés, et dont la circulation n'était pas entravée, il constatait un abaissement notable de la température. Malheureusement, sous son influence et celle de Chossat on revint alors à des explications vitalistes qui paraissaient, depuis Lavoisier, devoir être pour toujours abandonnées.

Nous n'insisterons pas ici sur le rôle bien connu de la sueur, qui, lorsqu'elle se produit dans les affections fébriles survient généralement à titre d'épiphénomène au moment de la défervescence, c'est-à-dire au moment où l'organisme est déjà sorti vainqueur de la lutte ; et nous arrivons au deuxième mode, celui-là peu étudié encore, de régulation de la calorification par la peau,

nous voulons dire l'action des sécrétions sébacées.

Cette action découle des observations exposées précédemment au sujet des corps recouverts d'un enduit gras, et il est vraisemblable que nous retrouvons ici comme intermédiaire l'agent nerveux. Car, si l'existence de nerfs trophiques à proprement parler paraît être, quant à présent et justement contestée, il n'en est pas de même des nerfs dits sécrétoires. Nous ne connaissons pas, il est vrai, d'expérience directe touchant l'innervation des glandes sébacées; mais nous pouvons admettre, par analogie, son existence. Les expériences de Luchsinger, d'Ostrumow, de Vulpian, d'Adamkiewicz, de Nawrocki ont établi, en effet, qu'il existe des nerfs sudoripares avec centres médullaires. De même celles de Ludwig, de Jolyet et Laffont, tendent à prouver que la corde du tympan, dans son action sur la glande sous-maxillaire, renferme deux ordres de fibres, les unes vaso-dilatatrices provenant du facial, les autres proprement sécrétoires, émanées du trijumeau.

D'après ce qui précède, nous voyons donc comment la peau est appelée à établir l'équilibre entre les recettes et les dépenses de calorique, et ce sous l'incitation du système nerveux. Est-il permis d'aller plus loin et de dire quel est à chaque instant le siège de ces modifications thermogènes, suivant quelles lois varie au sein des organes la topographie calorifique? Ici, nous sommes réduits, en grande partie, aux conjectures (1); mais avant

(1) Pour donner une idée de la complexité extrême de ces faits, nous citerons une expérience récente de M. Lépine, qui montre combien dissemblable peut être la distribution de la chaleur, suivant la cause

de poursuivre le développement de cet exposé, nous ne pouvons nous empêcher de rappeler la comparaison que nous avons faite dans notre chapitre II entre le lapin attaché et le lapin huilé, et sur laquelle ce n'était pas alors le lieu d'insister. Tous deux produisent plus de chaleur; mais la participation du système nerveux n'est vraisemblablement pas la même chez ces animaux ; pour le premier, en effet, cette action est directe, émanant du système nerveux central; pour le second, au contraire, elle paraît être réflexe et se produire sous l'influence des modifications survenues du côté de la peau.

A Claude Bernard revient, après Lavoisier qui, sans s'être clairement prononcé, en avait néanmoins entrevu la possibilité, le mérite d'avoir bien précisé que tous les tissus indistinctement sont, à des degrés divers, le siège de combustions, de production de chaleur : « Tous les organes, dit-il (1), quels que soient les tissus qui les constituent, dégagent du calorique, au moment où leurs fonctions s'accomplissent, tandis qu'à l'état de repos ils n'en dégagent pas sensiblement, ou peut-être même en absorbent dans certains cas. » Nous avons entrevu déjà

thermogène. Si on provoque chez un chien une lésion cérébrale capable de déterminer l'hyperthermie, et si l'on prend comparativement la température du rectum à 10 centimètres au-dessus de l'anus, et celle de la surface du pancréas, grâce à une laparatomie, on constate que cette dernière dépasse la première de 2 à 4 dixièmes de degré. Lorsque l'hyperthermie est causée par un autre mécanisme (injection de toxines thermogènes, toxine typhique ou autre), on constate, au contraire, que la température du pancréas est toujours inférieure à celle du rectum (Lépine. Société de Biologie, 28 octobre 1899).

(1) Leçons sur la chaleur animale, p. 140.

combien sont complexes et multiples les conditions chimiques qui, lors de ce fonctionnement des organes, engendrent la chaleur. Un exemple tiré de Cl. Bernard lui-même confirmera ces données, en nous montrant, dans des phénomènes en apparence univoques, partout l'inattendu et le contraste. Il a établi, en effet (1), qu'on peut recueillir dans les veines musculaires un sang veineux très noir coïncidant avec une élévation de température, ou au contraire avec un abaissement, si on a en même temps excité le sympathique.

Et l'on ne saurait objecter que l'excès de température dans le premier cas peut s'expliquer par le plus grand apport de sang dû à la contraction musculaire : car il a montré que le simple fonctionnement du muscle seul, en dehors de toute circulation, suffit à faire de la chaleur. Si donc le dernier stade de la combustion, manifesté par la veinosité du sang nous apparaît aussi divers, au point de vue thermique, il faut conclure que d'autres réactions ont dû intervenir qui ont modifié la marche du phénomène. Nous avons vu que c'est ce qui semble ressortir, par analogie, des travaux de Berthelot, et Bernard lui-même, frappé du fait, n'a pas laissé d'en rechercher la traduction physiologique ; aussi nous permettrons-nous de citer, à l'appui de nos dires, cette page entière tirée des Leçons sur la Chaleur animale : « Si l'on prend le muscle d'une grenouille ou d'un mammifère convenablement refroidi, et qu'après avoir supprimé la circulation on le fasse contracter, on pourra manifester son échauffement.

(1) *Loc. cit.*, pp. 153 et suiv.

Le sang ou tout au moins la suractivité circulatoire, dans cette expérience, sont étrangers à la production de calorique. Si le muscle a longtemps fonctionné, les modifications chimiques qu'il aura éprouvées ne pourront pas, en somme, se traduire par une simple perte de carbone et un gain d'oxygène, par une combustion respiratoire élémentaire. On constate, ainsi que nous l'avons déjà dit, que les altérations sont beaucoup plus complexes ; la réaction aux liqueurs colorées a changé : les parties solubles dans l'eau et l'alcool ont varié de proportion. Voilà les modifications qui, probablement, sont les véritables sources de la chaleur animale.

« Les changements intimes qui s'opèrent dans la glande qui fonctionne ne sont pas moins profonds. La glande reçoit le sang artériel et en tire les éléments d'une sécrétion spéciale d'un liquide tout nouveau, et variable avec la nature particulière de l'organe. Les glandes gastriques tirent du sang liquide alcalin une sécrétion acide, le suc gastrique. La glande rénale en extrait un liquide acide alcalin ou neutre, l'urine.

« De pareils phénomènes chimiques ne peuvent s'accomplir sans phénomènes thermiques concomitants. Et, cela étant, il devient inutile de les faire coïncider avec la production de l'acide carbonique et la disparition d'oxygène (1) ».

Cette page pleine d'enseignement rend compte de la dificulté extrême qu'il y a parfois à atteindre le substratum chimique d'un phénomène biologique se manifestant

(1) Cl. Bernard. — Leçons sur la chaleur animale 1876, p. 174.

à nous par de l'énergie. D'ailleurs, si au lieu de se borner à observer les faits de cet ordre, on les provoque, on constate par exemple l'identité d'action se traduisant par la coagulation de la fibre musculaire, de la chaleur d'une part et d'autre part de certains poisons à nature chimique indéterminée tels que l'antiar, des poisons américains appelés vao et corowal, l'inée ou poison du Gabon. Peut-être alors cela nous ramène-t-il aux idées exprimées dans notre préambule, c'est-à-dire que nous pouvons être plus vite renseignés et avec plus de précision sur la nature des modifications organiques, par des mesures énergétiques simples, telles que nous en fournit la calorimétrie directe, et qui ne sont vraisemblablement que l'expression et la résultante de mouvements.

CONCLUSIONS

De tout ce qui précède il nous semble résulter que :

1° La méthode thermométrique est tout à fait infidèle et incapable de nous renseigner sur la production de chaleur chez les êtres vivants. Le thermomètre indique uniquement la qualité, le niveau en un point (analogue au niveau en hydraulique) de cette chaleur ; le calorimètre seul nous donne la valeur de sa quantité, de sa production.

2° Le calorimètre à air ou anémo-calorimètre de M. le professeur d'Arsonval est le plus propre, en ne changeant en rien l'*habitus* extérieur du sujet en expérience, à nous indiquer à chaque instant la quotité et les phases de cette production.

3° Ces variations sont en grande partie sous la dépendance des fonctions de la peau et, à ce sujet, nous avons mis en évidence le rôle très important des sécrétions sébacées comme cause de déperdition du calorique.

4° Nous avons pu vérifier, la clinique confirmant l'expérimentation, que la fièvre n'est pas toujours due, ainsi qu'on l'a avancé, à une *surproduction de chaleur*, mais souvent à une *inégalité dans la répartition*, les données du thermomètre et du calorimètre étant en désaccord, et qu'à ce point de vue les théories de Traube et de Marey

trouvent fréquemment leur application. Du reste, il nous suffit, pour le moment, d'avoir mis nettement le phénomène en lumière, d'une façon générale, sans prétendre avoir donné la loi qui régit telle ou telle affection fébrile, étude qui sera à poursuivre, en détails, ultérieurement.

Vu par le président de la thèse,
BOUCHARD

Vu :
Par le Doyen,
P. BROUARDEL

Vu et permis d'imprimer,
Le Vice-Recteur de l'Académie de Paris,
GRÉARD

APPENDICE

Nous nous proposons dans cet appendice, d'exposer le résultat d'un certain nombre de recherches connexes à celles qui ont motivé notre travail et qui, comme ces dernières, sont poursuivies par nous depuis trois ans à la Maternité, dans le service de notre maître M. Charrin, à qui nous exprimons, une fois de plus ici, nos sentiments de vive gratitude. Nous classerons ces observations suivant un ordre un peu arbitraire, mais qui pourtant peut se réclamer successivement des trois grandes rubriques : physiologie, pathologie et thérapeutique.

I

Il est nécessaire de donner d'abord, et seulement comme terme de comparaison, un aperçu du nombre de calories trouvé chez des enfants *normaux*. Ces chiffres n'ont nullement la prétention d'être absolus; mais ayant été recueillis dans des conditions identiques de température extérieure et de vêtement, ils sont susceptibles, en points

de repère, d'éclairer par des données comparatives celles qui ont fait l'objet de notre étude, et c'est à ce titre que nous les produisons. Ils ont été pris chez des nourrissons de poids normaux pour leur âge et à des âges différents, comme l'indique le tableau suivant : (1)

AGE	NOMBRE TOTAL de calories par heure	CALORIES par heure et par kilog.
Première quinzaine ..	8 à9	environ 2,5
1 mois.....	10	2,7
2 mois..	12,75	2,8
3 mois.....	15	3
4 mois.	14,25	2,45
5 mois.....	16,50	2,66
6 mois.....	16,75	2,48
7 mois.....	15,25	2,06
8 mois.....	17,50	2,4

On voit d'après cela combien, chez des enfants croissant normalement, le nombre de calories produites à

(1) Nous adressons nos remerciements à M. le professeur Budin qui a bien voulu nous permettre de puiser parmi les nouveau-nés de son service.

l'heure peut être indépendant du poids. Cela ne doit pas nous étonner, étant donné ce que nous avons vu antérieurement, touchant le mécanisme régulateur de la production et de la dépense. Nous pouvons remarquer, en outre, que si l'on se reporte à la proportion par kilogr., c'est vers 3 mois que le nourrisson fait par rapport à son poids le plus de chaleur. Cela pourrait peut-être se rapprocher de ce fait qu'à partir du quatrième mois environ l'accroissement de l'enfant est moins rapide.

II

Nous avons recherché si la *digestion* pouvait avoir une influence sur la production de chaleur, et nous avons constaté que la courbe relatant la calorification présentait chez le nourrisson, de une demi-heure à trois-quarts d'heure après la tetée, un maximum qui pouvait correspondre à une élévation de deux calories. Cela concorde assez bien avec les faits analogues observés par M. d'Arsonval chez les animaux.

III

ACTION DES PRINCIPES BILIAIRES SUR LE THERMOGENÈSE (1)

Si on introduit des lapins dans un calorimètre, on obtient une courbe de rayonnement qu'il est aisé de faire fléchir en injectant quelques centimètres cubes de bile : l'un de nous a noté la chose avec P. Carnot.

Grâce à un dispositif spécial consistant en une sorte de caisse munie d'une cheminée d'appel dans laquelle on place une des boules d'un thermomètre à air, nous avons pu, plus récemment, reconnaître que des nourrissons normaux livrent de 7 à 9 calories par heure dans cet appareil gradué à l'aide d'une résistance traversée par un courant électrique.

Or, si on choisit des ictériques, ces calories oscillent parfois entre 4 et 6, s'élevant à mesure que l'ictère s'évanouit ; on a la preuve et la contre-épreuve : la clinique marche avec l'expérimentation. — Le thermomètre ordinairement indique une baisse de quelques dixièmes ; le calorimètre nous renseigne plus complètement sur les troubles de de la thermogenèse. — Le foie est un des centres de la formation du calorique ; c'est le viscère le plus chaud, comme nous l'avons prouvé, à l'état pathologique, fait vu par Cl. Bernard à l'état physiologique : on conçoit, dès lors, l'action de l'ictère. — Ces résultats varient avec le degré, la nature de l'ictère vrai ou faux, avec le milieu ambiant, avec l'âge, la santé des nourrissons, etc.

(1) En collaboration avec MM. d'Arsonval et Charrin, – Extrait des *Comptes rendus des Séances* de la *Société de Biologie* (Séance du 24 juillet 1897).

IV

INFLUENCE DES TARES DES ASCENDANTS SUR LA THERMOGENÈSE DES DESCENDANTS (1).

Parmi les phénomènes capables de mettre en relief les caractères de la déchéance vitale chez les rejetons issus de mères malades, un des plus intéressants réside dans l'affaiblissement de la thermogenèse. Cette diminution de la production de chaleur se rencontre au premier chef chez des nouveau-nés non bacillaires mais procédant de femmes atteintes de tuberculose pulmonaire avancée. En effet, des recherches entreprises dans le service de M. Charrin, au moyen du calorimètre à air de M. le professeur d'Arsonval, nous ont montré que ces enfants, au lieu de la moyenne 8 à 9 calories dégagées par heure par les nourrissons normaux dans le premier mois, ne produisent que 4 à 6 de ces calories, et cela souvent sans que leur poids soit très inférieur à la normale.

Mais si ces modifications sont surtout apparentes chez les enfants nés dans les conditions précédentes, il faut dire qu'ils ne sont pas les seuls à les présenter. — Nous avons également constaté, quoique à à un moindre degré, il est vrai, une faible production de chaleur chez plusieurs sujets affectés d'hérédités morbides diverses : 7 calories par heure pour l'enfant d'une mère atteinte de phlébite et rhumatisme articulaire; 6,75 chez celui d'une femme souffrant de tuberculose locale au début (ostéo-arthrite du genou); 6 chez

(1) Extrait des *Comptes rendus des Séances* de la *Société de Biologie* (Séance du 12 novembre 1898). — Cf. *ibid.* CHARRIN. Influence des maladies de la mère sur le développement de l'enfant.

l'enfant né à terme d'une mère qui avait commencé une fièvre typhoïde deux jours avant l'accouchement.

Enfin, des nouveau-nés d'accouchées, qui *post partum* ont présenté des accidents d'infection puerpérale, nous ont donné seulement 6,50, 7,25, 3,50 calories par heure ; ces constations conduisent à penser que l'élément microbien, tout prépondérant qu'il est dans la pathogénie de la puerpéralité, n'en est pas seul responsable ; peut-être doit-on incriminer aussi dans une certaine mesure quelque tare organique encore mal définie, qui préexistante et transmise au fœtus, explique, chez les femmes, l'apparition d'accidents variés, en dépit des précautions, accidents préparés par cette tare capable d'abaisser la thermogénèse de l'enfant.

Donc, pour nous résumer, nous dirons que ce fléchissement de la thermogenèse se rencontre chez des sujets ayant reçu des générateurs des troubles morbides de différentes natures ; parmi eux, le principal contingent est fourni par les enfants nés de mères phthisiques. — Nous nous proposons, du reste, par des mesures calorimétriques prises comparativement chez des mères malades et chez des bien portantes, de rechercher s'il n'y aurait pas chez les premières, comme chez les rejetons, un amoindrissement de la faculté de calorification ; peut-être pourrons-nous saisir en quelque sorte au passage, dans l'une de ses manifestations, le vice de nutrition fondamental légué par la parturiente au produit de la conception.

V

Nous avons pu, grâce à l'obligeance de M. Charrin, étudier l'influence sur la chaleur animale de certains agents physiques ou médicamenteux. Nous avons notamment, au cours de tentatives thérapeutiques encourageantes, et qui méritent d'être poursuivies avec telles précautions que de raison, fait des observations précises sur le mode d'action des *courants de haute fréquence* Voici quel était le dispositif adopté, dispositif dont nous sommes redevable à M. le professeur d'Arsonval qui voulut bien l'installer pour nous. Le courant, de moyenne intensité, était capté aux extrémités du petit solénoïde, reliant les armatures externes des condensateurs entre les armatures internes desquels se faisait la décharge oscillante. Dans ces conditions, l'enfant placé dans le calorimètre était électrisé lui-même par condensation et cela de la façon suivante : l'un des pôles, situé à l'extrémité d'un fil pénétrant dans le calorimètre par la voie d'entrée de l'air, aboutissait à l'enfant sous la forme d'une plaque métallique dorsale ; l'autre pôle se terminait à des feuilles d'étain tapissant la paroi externe du calorimètre. Cette paroi, ainsi garnie, constituait donc bien une armature d'un condensateur dont l'autre armature était l'enfant, le

diélectique étant formé par la lame de bois et l'air intérieur.

Nous avons pu noter ainsi, que presque toujours après l'électrisation dont la durée était de 5 à 10 minutes, la production de chaleur était augmentée; mais cette augmentation était précédée d'un *fait constant*, contemporain du passage même du courant, se produisant immédiatement, et acquérant par là toute la valeur d'un phénomène d'expérimentation, nous voulons dire un abaissement brusque de la production de chaleur pouvant aller jusqu'à 1,50 ou 2 calories. Des exemples analogues de contradiction apparente dans l'action d'un même agent, suivant le moment considéré de l'expérience, ne sont pas rares en physiologie; nous nous contenterons de citer le témoignage de Cl. Bernard à propos de ses expériences sur le sympathique et la corde du tympan (1) : « Je dois encore, dit-il, ajouter une circonstance intéressante de ces expériences, c'est que l'augmentation de chaleur sous l'influence de la corde du tympan peut être précédée d'un léger abaissement et suivie d'une persistance dans dans l'élévation calorifique un certain temps après la cessation de l'excitation galvanique. De même, l'abaissement de température par l'excitation du nerf sympathique s'est montrée précédée d'une légère élévation calorifique après laquelle survient un abaissement de température persistant. » Les observations précédentes auraient encore et en retour, si cela était nécessaire, l'avantage de démontrer de façon indéniable l'action sur l'organisme

(1) Cl. Bernard. *Loc. cit.*, p. 326.

des courants de haute fréquence, et cela, indépendamment de toute sensation ; car jamais l'enfant ne nous a paru s'apercevoir du passage du courant.

Enfin, nous avons fait également quelques remarques sur l'action de certains *principes médicamenteux*, selon les hasards qui nous ont été fournis par la clinique; mais nous devons dire à ce propos que nos observations n'ont pu encore être assez nombreuses pour devenir concluantes; ce ne sont; à vrai dire, que des impressions. Il nous a paru que le sulfate de quinine augmentait la production de chaleur, tandis que l'alcool et le bromure de potassium la diminuaient au contraire; encore, pour ce dernier médicament, y a-t-il lieu de tenir compte de ce fait que, administré chez des enfants atteints de convulsions, la diminution de calorification pourrait être attribuée pour une part à la sédation du système musculaire, coïncidant avec la disparition de celles-ci.

TABLE

	Pages.
Préambule	5
Chapitre I. — Historique. — Méthode	9
Chapitre II. — Physiologie	18
Chapitre III. — Clinique	23
Chapitre IV. — Critique et Théories	32
Conclusions	41
Appendice	42

Orléans. — Imp. MAURICE FOURNIQUET, 47, rue Bannier.